

鑄鉄・アルミニウム溶湯処理に及ぼすレアアースの効果

その他（別言語等） のタイトル	Effect of Rear Earth Element on Melt Process for Cast Iron and Aluminum
著者	長船 康裕, 田湯 善章, 桃野 正
雑誌名	室蘭工業大学紀要
巻	63
ページ	41-44
発行年	2014-03-18
URL	http://hdl.handle.net/10258/2829

鑄鉄・アルミニウム溶湯処理に及ぼすレアアースの効果

その他（別言語等） のタイトル	Effect of Rear Earth Element on Melt Process for Cast Iron and Aluminum
著者	長船 康裕, 田湯 善章, 桃野 正
雑誌名	室蘭工業大学紀要
巻	63
ページ	41-44
発行年	2014-03-18
URL	http://hdl.handle.net/10258/2829

鑄鉄・アルミニウム溶湯処理に及ぼすレアアースの効果

長船 康裕^{*1*2}, 田湯 善章^{*1*2}, 桃野 正^{*1*2}

Effect of Rear Earth Element on Melt Process for Cast Iron and Aluminum

Yasuhiro OSAFUNE^{*1*2}, Yoshinori TAYU^{*1*2}, and Tadashi MOMONO^{*1*2}

(原稿受付日 平成 25 年 9 月 30 日 論文受理日 平成 26 年 1 月 24 日)

Abstract

In the manufacture of cast product, various melt processing is carried out between melting of iron and pouring molten metal into a mold. We have been researching on casting technology for high-quality for cast aluminum and cast iron. Information in this report is as follows : ①Effect of rear earth element on molten metal treatment of cast iron. ②Effect of CE value and chemical composition on chilling of tin wall cast iron. ③Holding of lecture on cast iron and rear earth element. ④Grain refinement of Al-Si alloy by electromagnetic stirring.

Keywords : Cast iron, Aluminum, Rear earth element, Casting technology, Inoculation, Thin wall casting, Electromagnetic stirring

1 はじめに

鑄造製品の製造において、溶解された溶湯は鑄型に注がれるまでに様々な溶湯処理が行われている。希土類プロジェクトのタスク研究で鑄鉄鑄物とアルミニウム鑄物を対象として高品位化のための溶湯処理を中心とした鑄造技術に関する研究を行っている。2012 年度の研究及び活動内容について紹介する。

2 研究及び活動内容

2.1 鑄鉄の溶湯処理に及ぼすレアアースの効果

銑鉄鑄物の生産量は約 360 万トン(2012 年)で、その 70%は自動車を中心とする輸送機械で利用されている¹⁾。銑鉄鑄物の鑄造においてレアアース元素(RE)が添加されることがあるが、その用途としては引け巣などの鑄造欠陥の防止、薄肉部分の脆化の抑制があげられる。2010 年の中国漁船の尖閣諸島領海侵犯を発端としたレアアースパニック

が発生し、日本国内ではレアアースを使用しない鑄造技術の研究が急務となった。しかし、現在では中国以外からの輸入も拡大し、鑄造で利用されている Ce や La などの軽希土類元素の供給は安定している。また、これら軽希土類元素は希少性の高い Nd や Sm などの重希土類元素の精製時の副産物である。そのため、軽希土類元素の供給量は重希土類元素に比べると多く、その効果的な利用方法が求められている。本研究では RE の積極的な活用と RE レス化技術の両面の研究を行っている。また、民間企業との連携や講演会の実施によって研究成果の社会還元に努めていることを目的とした。

2.1.1 球状黒鉛鑄鉄の溶湯処理における RE の効果と溶湯性状の判定技術の開発

球状黒鉛鑄鉄における溶湯処理時の RE 添加は共晶凝固時の晶出黒鉛粒の増加を促進し、引け巣の発生や薄肉部の脆化を抑制する目的で行われている。一般的に Fe-Mg-Ca-RE 合金が使用されている。その合金の RE にはミッシュメタル(Ce と La が主成分)が溶湯全量に対して 0.01~0.02mass%添加されている。本研究では Ce 及び La 単体の効果を

*1 室蘭工業大学 もの創造系領域

*2 室蘭工業大学 環境調和材料工学研究センター

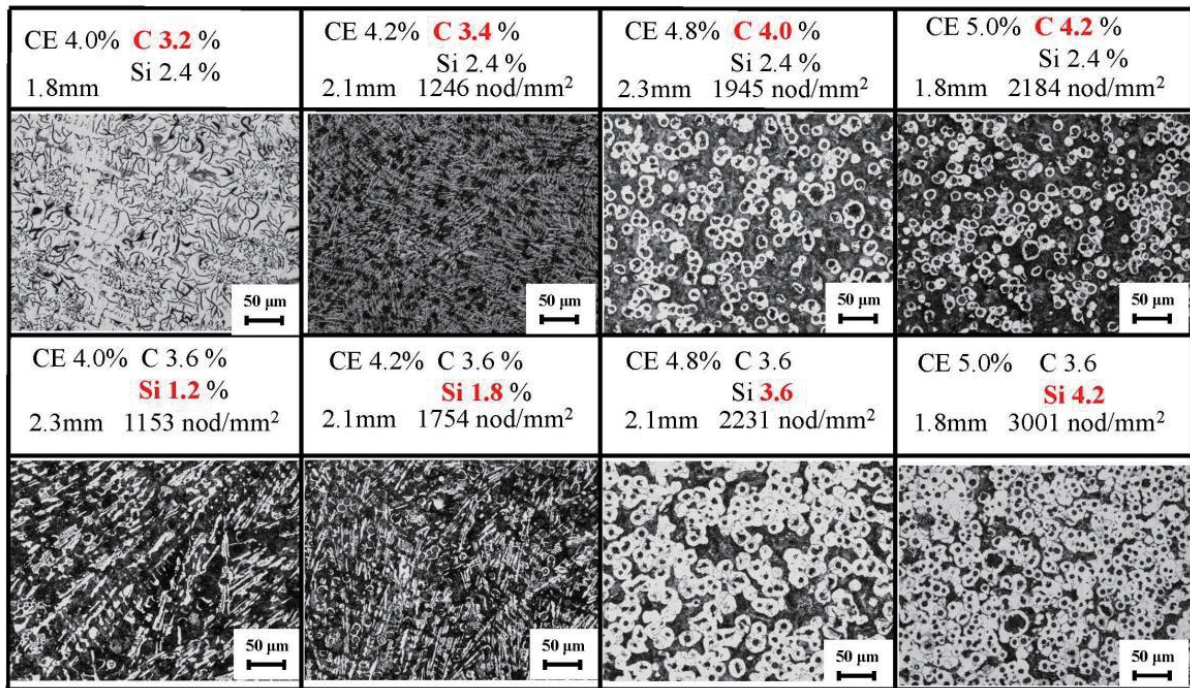


図1 薄板球状黒鉛鑄鉄の組織に及ぼすCE値とSi及びC含有量の影響

明らかにするために純度99.9%のREを溶湯処理で使用し、組織及び凝固過程に及ぼす影響について調査を進めている。

2.1.2 薄肉球状黒鉛鑄鉄のチル化に及ぼすCE値と化学組成の影響

球状黒鉛鑄鉄の薄肉鑄造におけるREレス化に関する研究で、薄肉部の急冷凝固によって炭化物が晶出(チル化)して脆化する。そのチル化を抑制し、薄肉鑄鉄を高靱性化することを目的としている。図1に2mmの薄板に鑄造した時の球状黒鉛鑄鉄の組織とCE値及びSi/C比の関係を示す。炭素当量(CE値=C%+1/3Si%)を高くすることによってチル化を抑制することができた。また、同一炭素当量であってもSi含有比が高くなるほど晶出黒鉛粒数とフェライト析出量は増加した。薄板鑄鉄を高靱性化するためには共晶組成のCE値にする必要がある。また、シリコン含有量の増加は基地組織のフェライト化を促進した。

2.1.3 希土類プロジェクト講演会の開催

2012年12月7日(月)13:00~17:00に本学大学会館多目的ホールで「鑄造技術と希土類元素に関する研究最前線」をテーマとした講演会を開催した。北海道内の企業や公設試から多数の参加者があり活発な質疑応答がなされた。以下に講演の概

要を記す。

鑄鉄の鑄造における希土類元素の効果について世界的に著名な岩手大学の堀江皓特任教授から「鑄鉄における希土類元素の役割」について説明があった。特に薄肉鑄鉄の製作における希土類元素の黒鉛晶出のメカニズムと効果について解説された。つづいて、中国華中科技大学の蔡啓舟教授から「中国における大型肉厚鑄鉄鑄物の製造技術



図2 プロジェクト講演会

とレアアース」について講演がなされた。中国では基幹産業としての鋳造に関する研究・技術開発は産学で活発に行われており、日本では数少ない巨大鋳物への希土類元素の適用について紹介がなされた。鋳造技術の国際的な競争を勘案すると、さらなる希土類元素の利用技術の研究を進めていく必要が確認された。日下レアメタル研究所の鹿毛秀彦技術部長から「日本における鋳造産業とレアアース—添加剤の選択方法—」について講演がなされた。輸入国の立場から見た希土類元素の生産の現状と供給状況について説明があった。その後、適切な希土類元素の使用法の解説があった。最後に国内の鋳造工場で最大規模を誇るアイメタルテクノロジーの山田聡執行役員から「球状及びCV 黒鉛鋳鉄の製造に欠かせないレアアース」と題して自動車部品製造にかかわる希土類元素を用いた最新の鋳造技術の紹介がなされた。

2.2 アルミニウム鋳物の組織微細化技術

アルミニウム鋳物の諸特性は凝固時に形成される金属組織に大きな影響を受ける。特に結晶粒の微細化は降伏点を上昇に効果があり、製品の軽量化に貢献する。微細化の方法には急冷凝固、注湯温度の低温化、核生成促進物質の添加、凝固過程における攪拌などがある。本研究では Al-Si 合金の結晶粒微細化に及ぼすストロンチウム (Sr) の添加と電磁攪拌の効果について明らかにすることを目的とした。

2.2.1 電磁攪拌による結晶粒微細化の原理

アルミニウム合金溶湯に直流電流を印加した状態で外部磁場を付与すると、溶湯にローレンツ力による対流が発生する。このとき、せん断力が固-液共存状態の溶湯に作用し、凝固時に成長する樹枝状のアーム（デンドライト）を分断し等軸晶の核を形成する。この結晶の核の増加により結晶粒の微細化が促進すると予想される。

2.2.2 実験方法

供試材は Al-8mass%Si 合金に 0.08mass% の Sr を添加した Al-Si-Sr 合金である。この組成における固-液共存温度領域は約 577~605℃である。この合金を 200℃に予熱したリング用の鋳型に鋳造した。鋳造法案を図 3 に示す。この時の注湯温度は 760℃である。電磁攪拌の装置を図 4 に示す。ネオジウム磁石 (φ50 × 5mm) を鋳型に挟み込むようにセット

し、溶湯中に黒鉛電極を挿入して電流を 0~400A 印加した。磁場は S, N 両極中心で 1mT または 2mT とした。

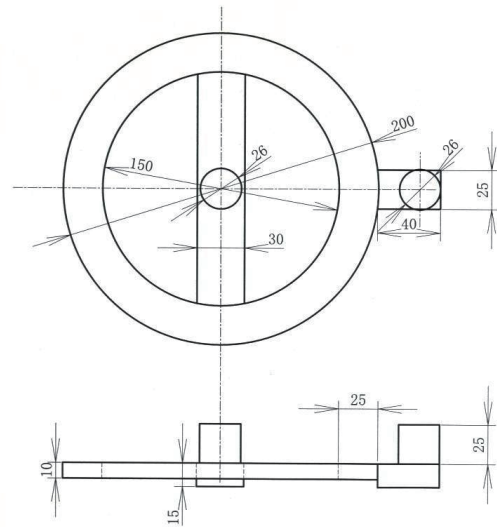


図 3 鋳造方案の形状

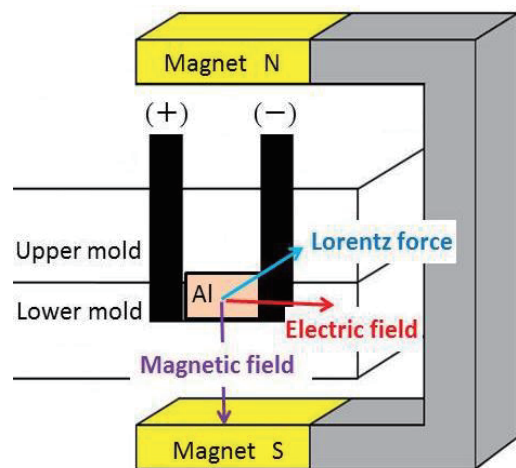


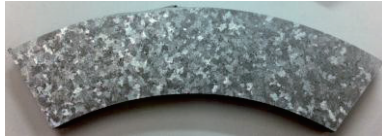
図 4 電磁攪拌装置の概略図

2.2.3 実験結果

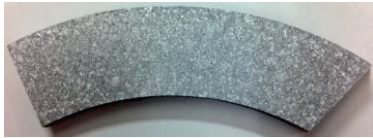
図 5 に電磁攪拌を行う溶湯温度範囲とマクロ組織の関係を示す。デンドライトアームが成長し始める液相線温度から液相がなくなる共晶温度まで攪拌を続けた条件で結晶粒が微細化した。電磁攪拌により得られた核の成長を抑制し微細化するためには凝固終了まで攪拌する必要があることが明らかとなった。

図 6 に印加電流と試験片断面のマクロ組織を示す。電磁攪拌時の電流が大きくなるほど結晶粒が微細化した。図 7 に印加電流とミクロ組織の関係

を示す。電磁攪拌なし（0A）では柱状デンドライト組織が発達していた。一方、電磁攪拌したものでは印加電流の増大に伴って方向性のない微細な等軸デンドライト組織に変化していた。また、印加磁場が大きくなるほど微細化が促進された。

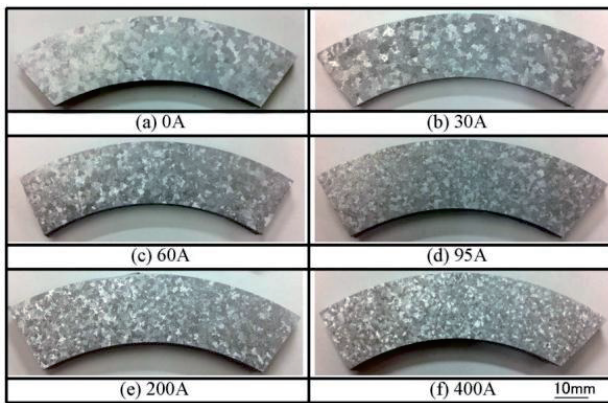


液相が存在する 600℃で攪拌停止



共晶温度以下まで攪拌

図 5 電磁攪拌温度範囲とマクロ組織の関係



2mT 95A

図 6 印加電流とマクロ組織の関係

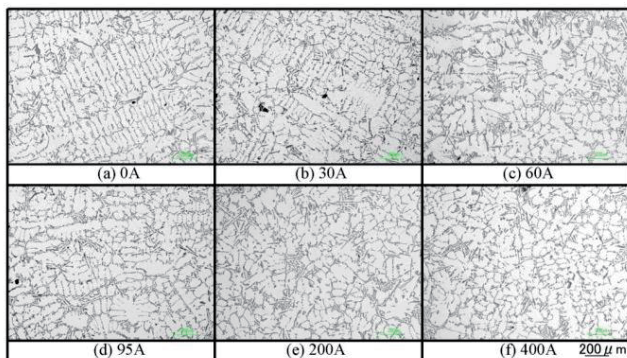


図 7 印加電流とマイクロ組織の関係

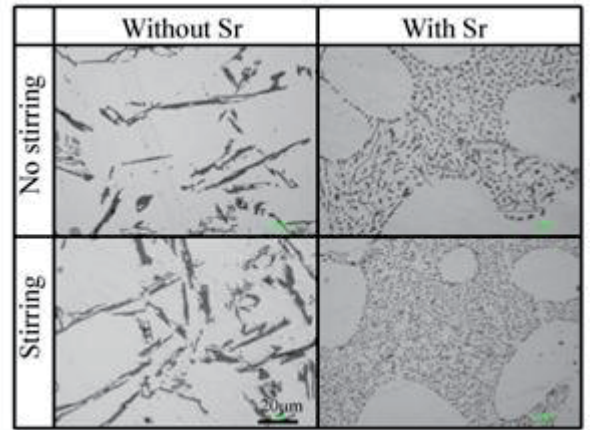


図 8 ミクロ組織に及ぼす Sr と電磁攪拌の影響

ミクロ組織に及ぼす Sr 添加の影響を図 7 に示す。電磁攪拌の有無にかかわらず, Sr の添加により微細化した。また, Sr を含有し電磁攪拌したものでは共晶凝固組織が微細化していた。Sr は共晶シリコン結晶の核生成の促進と共晶シリコン結晶粒の成長を抑制する。このことから Sr の添加によって共晶シリコンの微細化し, さらに電磁攪拌での微細化を促進すると考えられる。

2.2.4 まとめ

- (1) Al-8mass%Si 合金の溶湯を共晶温度以下まで電磁攪拌することにより結晶粒は微細化する。
- (2) 印加電流及び磁場の増大に伴い結晶粒が微細化する。
- (3) Sr の添加は共晶 Si を微細化し, 電磁攪拌の効果を促進させる。

参考文献

- (1) 鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報, 経済産業省, (2012) p239.